

SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PADA IPAL PT. TIRTA INVESTAMA PABRIK PANDAAN PASURUAN

(¹)Yovi Kurniawan

(¹)SHE spv PT. TIV. Pandaan Kabupaten Pasuruan

ABSTRAK

PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan Pasuruan merupakan industri yang bergerak di bidang produksi air minum dalam kemasan (AMDK) dan Beverages yang berlokasi di Desa Karangjati. Dalam kegiatan industri pengolahannya, PT. Tirta Investama Pandaan Plant telah dilengkapi dengan dokumen lingkungan yaitu dokumen AMDAL, sekaligus membangun IPAL untuk mengolah limbah hasil produknya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil analisis kualitas effluent IPAL dalam mereduksi limbah cair PT. Tirta Investama Pandaan Plant. Adapun hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar pH setelah dilakukan pengolahan pada effluent yaitu rata-rata sebesar 7,61, kadar BOD setelah dilakukan pengolahan pada effluent yaitu rata-rata sebesar 9,44 mg/L, kadar COD stabil pada angka 17,57 mg/L, Efektivitas pengolahan air limbah di PT. Tirta Investama Pandaan Plant, adalah penurunan beban air limbah yang kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan efektivitas pengolahan air limbah dengan standar efektivitas. Efektivitas optimum kualitas BOD, COD, TSS, minyak dan lemak di PT. Tirta Investama Pandaan Plant rata-rata berada pada angka yang tidak melebihi standar baku mutu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem pengolahan air limbah yang selama ini dijalankan di PT. Tirta Investama Pandaan Plant telah berjalan secara efektif dan optimal.

Kata kunci: Limbah Cair, Baku Mutu, Instalasi Pengolahan Air Limbah, Effluent

1. Pendahuluan

Sebagai perusahaan air minum dalam kemasan, PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan berdasarkan kapasitas produksinya merupakan industri yang termasuk dalam kelompok usaha wajib AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) per-2015. Salah satu efek yang ditimbulkan dari kegiatan produksi Pabrik AQUA ini adalah pembuangan limbah hasil proses produksi ke badan air. Limbah cair PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan dimungkinkan menyebabkan gangguan pada lingkungan (biota air) dan kesehatan manusia. Kondisi limbah cair yang belum memenuhi baku mutu lingkungan, terlebih lagi jika dilakukan dengan tidak mengikuti prosedur pengolahan air limbah dan kegiatan pengolahan air limbah yang seharusnya dijalankan. Adanya penambahan kapasitas dari limbah cair juga dapat mempengaruhi kinerja dari IPAL itu sendiri sehingga dapat memungkinkan kinerjanya menjadi kurang efektif dan maksimal.

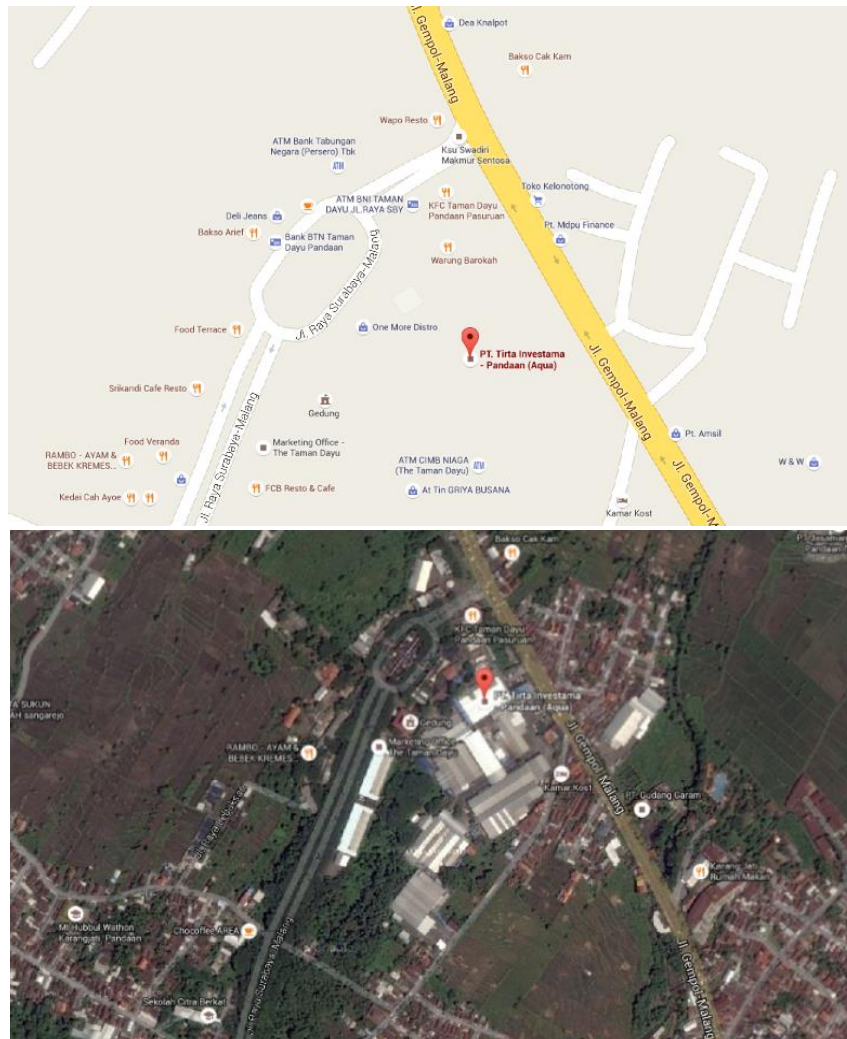
Bertolak dari latar belakang masalah di atas maka penelitian ini bermaksud untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair di pada IPAL di PT Tirta Investama Pandaan Pasuruan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah effluent limbah cair yang dihasilkan oleh PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan melebihi baku mutu yang dipersyaratkan Peraturan Gubernur No 72 Tahun 2013.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan, perusahaan AMDK yang berlokasi di Kelurahan Karangjati, Kecamatan Pandaan, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur.

Penelitian ini bersifat deskriptif yaitu bertujuan untuk mengkaji upaya efektivitas pengolahan limbah cair dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak serta keluhan kesehatan masyarakat sekitar pada luaran IPAL PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah limbah cair *effluent*. Pengambilan sampel limbah cair dilakukan dengan teknik sampel sesaat (*grab sample*), yaitu sampel air yang diambil pada titik *inlet* kemudian pada titik *outlet* yang mana sampel ini mewakili karakteristik air pada saat pengambilan sampel pada kurun waktu tertentu. Untuk petugas/pengelola IPAL PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan, teknik sampling yang digunakan adalah purposive, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu, dalam penelitian ini adalah yang berkaitan dengan pengelolaan IPAL di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan, maka sampel yang dipilih adalah orang yang mempunyai tugas

mengoperasikan IPAL di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan. Dalam penelitian ini menggunakan variabel yaitu Sistem Pengolahan Limbah Cair Perusahaan, BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak. Data yang diperoleh disajikan menjadi bentuk persentase dalam tabel, setelah itu data dalam bentuk tabel tersebut dianalisis secara deskriptif. Dilakukan *editing* terhadap kelengkapan data yang diperoleh dapat berupa koreksi terhadap angka, huruf, dan konsistensi jawaban responden serta kelengkapan jawaban responden.

2.2 Pengambilan Sampel dan Analisa Air Limbah

a. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *Grab Sampling* yakni dengan satu kali pengulangan, yang dilakukan langsung pada 3 titik sumber limbah yaitu pencucian bahan uji, dengan menggunakan botol sampel BL 1000 ml.

b. Analisa Kualitas Air Limbah

Analisa ini dilakukan untuk memperoleh data kualitas air limbah buangan industry AMDK PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan. Penentuan parameter uji didasarkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan kegiatan industri lainnya.

Tabel 1. Parameter dan Metode Uji.

Parameter	Satuan	Metode Uji	Baku Mutu
pH	-	pH meter	6 - 9
BOD	(mg/l)	Volumetri	30
COD	(mg/l)	Volumetri	90
TSS	(mg/l)	TSS Analyzer	30
Minyak & Lemak	(mg/l)	Gravimetri	6

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

a. Pengukuran Debit Air Limbah

Pengukuran debit dilakukan pada saat proses pembuangan air limbah di saluran pembuangan sebanyak 5 kali pengulangan guna mendapatkan hasil yang akurat. Pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan kecepatan aliran dan dimensi dari saluran pembuangan. Ukuran saluran ditentukan sepanjang 1 meter.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Debit

n	P _{sal}	A _{sal}	t _{kayu}	v	Q
I	1	0.0157	5.2	0.19	0.0030
II	1	0.0157	4.6	0.22	0.0034
III	1	0.0157	4.9	0.20	0.0032
IV	1	0.0157	4.7	0.21	0.0033
V	1	0.0157	6.4	0.16	0.0025
Debit rata-rata					0.0031

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Karakteristik Limbah Cair di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan

Studi karakteristik limbah perlu dilakukan agar dapat dipahami sifat-sifat tersebut serta konsentrasinya dan sejauh mana tingkat pencemaran dapat ditimbulkan limbah terhadap lingkungan.

Untuk karakteristik limbah cair di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan yang diukur adalah BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak. Pemeriksaan limbah dengan parameter BOD, COD, TS, pH, minyak dan lemak menunjukkan apakah suatu limbah mempunyai konsentrasi kuat, lemah atau sedang. Dengan adanya variasi nilai parameter dapat diketahui sejauh mana limbah dapat memberikan dampak pencemaran terhadap komponen lingkungannya. Apakah limbah itu mempunyai sifat pencemaran tinggi dan dapat membahayakan manusia yang tinggal disekitarnya. Apabila limbah memiliki sifat pencemaran tinggi diharapkan dapat dikendalikan, sehingga bahan pencemar yang terkandung dapat dieliminasi.

c. Mekanisme Pengolahan Limbah Cair di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan

Secara umum mekanisme pengolahan limbah cair di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan terbagi dalam beberapa tahap yaitu pengolahan fisik, pengolahan secara biologis, dan pengolahan secara kimiawi.

[1] Pengolahan secara fisik.

Dari berbagai instalasi yang ada, limbah cair terpusat menuju ke unit pengolahan limbah cair melalui sistem saluran tertutup. Sistem saluran yang digunakan di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan pada unit instalasi pengolahan limbah cair (IPAL-C) menggunakan sistem terpisah (*separate system*) dengan metode pengalirannya menggunakan sistem gravitasi dan sistem pemompaan yang menyalurkan aliran limbah cair dengan bantuan pompa ke bak pengumpul (*collecting tank*). Bak penampung berfungsi untuk menampung sementara hasil limpahan limbah cair yang berasal dari instalasi tertentu sebelum akhirnya dilanjutkan menuju ke *Heavy Metal Precipitator* (HMP).

Pada bak pengumpul ini terjadi proses sedimentasi, dan penghancuran padatan-padatan dengan menggunakan *comminutor*. Sedangkan untuk proses penyaringan limbah cair yang berasal dari ruang dapur dan laundry dengan menggunakan *screening*.

Screening ini berfungsi untuk menyaring padatan/ sampah yang terbawa dalam limbah cair, sehingga proses pengolahan utama tidak terganggu dan tidak terjadi penyumbatan pipa-pipa air limbah. Untuk bak *screening* masih belum optimal, dikarenakan masih belum dioperasionalkannya unit *screening* tersebut.

Mekanisme Pengolahan Limbah Cair di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan dilakukan dengan beberapa tahapan, tahap awal adalah proses penyaluran dan pengumpulan. Proses ini meliputi sistem perpipaan yang berfungsi untuk mengalirkan limbah cair yang dihasilkan perusahaan. Sistem perpipaan ini dibagi menjadi dua bagian yaitu: sistem perpipaan limbah cair perusahaan dan sistem perpipaan unit pengolahan limbah cair. Tahap berikutnya adalah pengolahan yang dimulai dari tahap pengolahan tahap pertama (*primary treatment*), pengolahan tahap kedua (*secondary treatment*), dan pengolahan tahap ketiga (*tertiary treatment*).

[2] Pengolahan secara biologis.

Pengolahan ini dilakukan pada unit aero-reaktor dengan menggunakan *blower* untuk menyuplai oksigen lalu disertai dengan menambahkan larutan yang mengandung mikroba (bakteri pengurai) dengan menggunakan metode lumpur aktif (*activated sludge*). Reduksi beban polutan limbah cair di dalam ini diharapkan mencapai 70–90% (BOD dan COD).

[3] Pengolahan secara kimiawi.

Pengolahan ini dilakukan dengan melakukan penambahan khlor. Penambahan zat kimia ini bertujuan untuk membunuh bakteri patogen pada limbah cair. Kualitas air limbah di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan diketahui dari hasil pemeriksaan dan pencatatan sampel air limbah. Semakin banyak air limbah yang dibuang ke badan air, maka semakin besar beban pencemar yang ada pada badan air. Terlebih jika air yang dibuang masih di atas baku mutu.

d. Uji Limbah Pemeriksaan Kualitas *Effluent*

Dalam penelitian ini, data yang diolah adalah hasil Uji Laboratorium di *Effluent* pada bulan Januari sampai dengan Juni 2015 untuk mengetahui kandungan pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak. Adapun hasil uji laboratorium selengkapnya sebagaimana dalam tabel berikut ini:

Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Januari 2015

Parameter	Satuan	Kadar
pH	-	7,65
BOD	(mg/l)	11,28
COD	(mg/l)	17,92
TSS	(mg/l)	3,36
Minyak & Lemak	(mg/l)	2,17

Tabel 4. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Februari 2015

Parameter	Satuan	Kadar
pH	-	7,77
BOD	(mg/l)	8,64
COD	(mg/l)	11,2
TSS	(mg/l)	3,36
Minyak & Lemak	(mg/l)	2,2

Tabel 5. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Maret 2015

Parameter	Satuan	Kadar
pH	-	8,15
BOD	(mg/l)	7,77
COD	(mg/l)	16
TSS	(mg/l)	3,36
Minyak & Lemak	(mg/l)	2,17

Tabel 6. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air April 2015

Parameter	Satuan	Kadar
pH	-	7,3
BOD	(mg/l)	14,134
COD	(mg/l)	19,2
TSS	(mg/l)	3,36
Minyak & Lemak	(mg/l)	2,17

Tabel 7. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Mei 2015

Parameter	Satuan	Kadar
pH	-	7,95
BOD	(mg/l)	7,95
COD	(mg/l)	14,11
TSS	(mg/l)	75,20
Minyak & Lemak	(mg/l)	3,36

Tabel 8. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Juni 2015

Parameter	Satuan	Kadar
pH	-	6,85
BOD	(mg/l)	6,85
COD	(mg/l)	8,88
TSS	(mg/l)	16,80
Minyak & Lemak	(mg/l)	8,80

Dari data-data di atas, langkah selanjutnya adalah analisis data apakah air limbah di *effluent* sudah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan melalui Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

3.2 Pembahasan Penelitian

[1] Analisis pH

Hasil uji laboratorium pH per Januari-Juni 2015 pada air limbah di *Effluent* adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Uji pH Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Januari-Juni 2015

Bulan	Satuan	Kadar
Januari	-	7,65
Pebruari	-	7,77
Maret	-	8,15
April	-	7,3
Mei	-	7,95
Juni	-	6,85
Rata-rata	-	7,61
Baku Mutu	-	6-9

Berdasarkan tabel 8 di atas terlihat kadar pH setelah dilakukan pengolahan pada *effluent* yaitu rata-rata sebesar 7,61, sedangkan angka tertinggi berada pada bulan maret yakni sebesar 8,15. Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan kegiatan industri lainnya dalam angka keluaran limbah cair PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 6–9 untuk parameter pH. Konsentrasi pH ini penting untuk diketahui, karena pH menunjukkan kadar air tersebut berjenis asam ataukah basa dalam suatu larutan, melalui konsentrasi ion Hidrogen H⁺. Ion Hidrogen merupakan faktor utama yang dibutuhkan untuk mengetahui reaksi kimiawi, karena dalam sebuah perairan yang sehat diperlukan konsentrasi pH pada angka 6–8, agar dapat mendukung semua proses biologis khususnya dalam rangka proses pemurnian kembali sebuah perairan yang melibatkan unsure-unsur biologis, khususnya bakteri pengurai.

[2] Analisis Kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Dari hasil uji laboratorium untuk mengetahui BOD per Januari-Juni 2015 pada air limbah di Effluent adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Uji BOD Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Januari-Juni 2015

Bulan	Satuan	Kadar
Januari	mg/L	11,28
Pebruari	mg/L	8,64
Maret	mg/L	7,77
April	mg/L	14,134
Mei	mg/L	7,95
Juni	mg/L	6,85
Rata-rata	mg/L	9,44
Baku Mutu	mg/L	30

Berdasarkan tabel 9 terlihat kadar BOD setelah dilakukan pengolahan pada *effluent* yaitu rata-rata sebesar 9,44 mg/L, sedangkan hasil uji terbesar adalah pada bulan januari yakni 11,28 mg/L. Pada tabel 9 juga dapat diamati telah terjadi penurunan secara fluktuatif selama 1 semester. Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan kegiatan industri lainnya, angka keluaran limbah cair tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu melebihi kadar maksimal 30 mg/L untuk parameter BOD. Oleh sebab itu beban limbah cair yang dihasilkan oleh PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan, telah memenuhi standar baku mutu dan kategori aman.

[3] Analisis Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Berdasarkan tabel 10 terlihat kadar COD setelah dilakukan pengolahan pada *effluent* rata-rata hasil analisis selama 1 semester yaitu sebesar 14,55 mg/L. Angka terbesar berada pada bulan April yakni sebesar 19,2 mg/L. Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan kegiatan industri lainnya dalam angka keluaran limbah cair tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu melebihi 90 mg/L untuk kadar maksimum COD pada limbah cair. Oleh

sebab itu beban limbah cair yang dihasilkan oleh PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan, kategori telah memenuhi standar baku mutu dan aman.

Tabel 11. Hasil Uji COD Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Januari-Juni 2015

Bulan	Satuan	Kadar
Januari	mg/L	17,92
Pebruari	mg/L	11,2
Maret	mg/L	16
April	mg/L	19,2
Mei	mg/L	14,11
Juni	mg/L	8,88
Rata-rata	mg/L	14,55
Baku Mutu	mg/L	90

[4] Analisis Kandungan *Total Suspended Solids* (TSS)

Berdasarkan tabel 11 terlihat kadar TSS setelah dilakukan pengolahan pada *effluent* yaitu rata-rata sebesar 17,57 mg/L, sedangkan angka terbesar ada pada bulan Mei yakni sebesar 75,2 mg/L. Namun berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan kegiatan industri lainnya dalam angka keluaran limbah cair 5 bulan dalam 1 semester tidak sampai melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu melebihi 30 mg/L untuk kadar maksimum TSS pada limbah cair. Namun demikian, terjadi hal yang tidak lazim pada bulan Mei dengan angka yang melebihi standar baku mutu yakni 75,2 mg/L. Oleh sebab itu beban limbah cair yang dihasilkan oleh PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan pada bulan Mei tidak memenuhi standar baku mutu. Akan tetapi, petugas IPAL PT. Tirta Investama terbilah sangat responsif sehingga pada bulan berikutnya, yakni bulan Juni terjadi penurunan angka yang sangat drastis yakni 18,8 mg/L dan kategori telah aman.

Tabel 12. Hasil Uji TSS Laboratorium Air Limbah di *Effluent* Air Januari-Juni 2015

Bulan	Satuan	Kadar
Januari	mg/L	3,36
Pebruari	mg/L	3,36
Maret	mg/L	3,36
April	mg/L	3,36
Mei	mg/L	75,20
Juni	mg/L	18,80
Rata-rata	mg/L	17,57
Baku Mutu	mg/L	30

Penyebab tingginya kandungan TSS air limbah pada bulan Mei adalah banyaknya padatan yang masih belum terendapkan pada saat proses pengolahan, hal ini dikarenakan pada saat keluar dari proses aerasi, laju aliran air limbah kategori terlalu tinggi, sehingga masih ada padatan yang belum terendapkan. Untuk mengatasi hal tersebut maka

diperlukan bak penampung sementara, sehingga padatan yang belum terendapkan tersebut dapat mengendap dengan baik.

[5] Efektivitas Pengolahan Air Limbah di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan

Efektivitas pengolahan air limbah di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan, adalah penurunan beban air limbah yang kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan efektivitas pengolahan air limbah dengan standar efektivitas. Pada hasil analisis data di atas terlihat bahwa efektivitas optimum kualitas BOD, COD, TSS, minyak dan lemak di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan rata-rata berada pada angka yang tidak melebihi standar baku mutu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa system pengolahan air limbah yang selama ini dijalankan di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan telah berjalan secara optimal.

4. Kesimpulan

Karakteristik limbah cair di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan yang diukur adalah BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak. Untuk mengetahui sejauh mana limbah dapat memberikan dampak pencemaran terhadap komponen lingkungannya. Mekanisme pengolahan limbah cair di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan dilakukan dengan 3 proses, yaitu proses fisik, biologis, dan kimiawi. Dimulai dari sedimentasi pada bak penampung, kemudian mengalami proses homogenisasi/ pencampuran di bak *equalisasi*, dilanjutkan menuju ke bak aero-reaktor untuk mengalami proses dekomposisi secara aerob, setelah melalui proses dekomposisi kemudian mengalami proses desinfeksi dengan melakukan pemberian khlor lalu dilanjutkan dengan pembuangan ke saluran drainase IPAL.

Berdasarkan data terlihat kadar pH setelah dilakukan pengolahan pada *effluent* yaitu rata-rata sebesar 7,61, kadar BOD setelah dilakukan pengolahan pada *effluent* yaitu rata-rata sebesar 9,44 mg/L, kadar COD stabil pada angka 17,57 mg/L, Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan kegiatan industri lainnya dalam angka keluaran limbah cair tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Efektivitas pengolahan air limbah di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan adalah penurunan beban air limbah yang kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan efektivitas pengolahan air limbah dengan standar efektivitas. Setelah dilakukan uji analisis laboratorium terhadap kualitas air limbah sesudah dilakukan pengolahan terhadap parameter BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak. Maka efektivitas masing-masing parameter pengolahan air limbah di IPAL PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria efektivitas dengan hasil rata-rata berada pada angka yang tidak melebihi standar baku mutu yang sudah ditetapkan dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Sehingga dapat disimpulkan bahwa system pengolahan air limbah yang dijalankan di PT. Tirta Investama Pabrik Pandaan selama ini telah berjalan secara optimal.

5. Daftar Pustaka

Gubernur Jawa Timur. 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Kegiatan Industri Lainnya*. Surabaya: Gubernur Jawa Timur

- Haryadi, R & Hidayat, S. 2009. Lingkungan, Gatra Nomor 13, 5 Februari 2009], tentang Mobil Plasma Pengolah Limbah
- Hindarko S, Ir., 2003. "Mengolah Air Limbah", Penerbit Esha, Jakarta.
- Mubarok, Ahmad. 2008. Desain Instalasi Pengolahan Limbah Cair Sentra Industri Tahu Dukuh Kemranggen Kabupaten Tegal. Universitas Dipenogoro. Semarang.
- Nur'arif, M.2008. Pengelolaan Air Limbah Domestik (Studi Kasus Di Kota Praya Kabupaten Lombok Tengah). Tesis Universitas Diponegoro, Semarang
- Philip Kristanto, Ir. 2002. "Ekologi Industri", Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Sakti A. Siregar. 2005. "Instalasi Pengolahan Air Limbah", Penerbit Kanisius, Yogyakarta.